

**LAPORAN AKHIR PENELITIAN
FUNDAMENTAL BOPT
TAHUN ANGGARAN 2013**



JUDUL PENELITIAN

**PENGEMBANGAN MODEL OPTIMASI TATA GUNA LAHAN DAS
MENGUNAKAN *GOAL PROGRAMMING* BERBASIS GIS**

Tahun ke 1 (satu) dari rencana 3 tahun

TIM PENELITIAN

**Dr. Gusta Gunawan, S.T., M.T (0018037301)
Besperi, ST, MT (0017046906)
M. Khairul Amri Rosa, ST., MT (0021118002)
Melli Suryanty SN, SP., M.Pd (0016057803)**

**FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS BENGKULU
2013**

HALAMAN PENGESAHAN

LAPORAN AKHIR PENELITIAN

Judul : PENGEMBANGAN MODEL OPTIMASI TATA GUNA LAHAN DAS MENGGUNAKAN *GOAL PROGRAMMING* BERBASIS SISTEM INFORMASI GEOGRAFIS

Peneliti

Nama Lengkap	: Dr. Gusta Gunawan S.T., M.T
NIDN	: 0018037301
Jabatan Fungsional	: Lektor
Program Studi	: Teknik Sipil
Nomor HP	: 0812 7806 3333
Alamat surel (e-mail)	: gustagunawan@yahoo.com
Peneliti Anggota	: 3 (tiga) orang
Anggota (1)	
Nama Lengkap	: Besperi, ST., MT
NIDN	: 0017046906
Perguruan Tinggi	: Universitas Bengkulu
Anggota 2	
Nama Lengkap	: M. Khairul Amri Rosa S.T., M.T
NIDN	: 0021118002
Perguruan Tinggi	: Universitas Bengkulu
Anggota 3	
Nama Lengkap	: Melli Suryanty S.N., S.P., M.Pd
NIDN	: 0016057803
Perguruan Tinggi	: Universitas Bengkulu
Tahun Pelaksanaan	: Tahun ke 1 dari rencana 3 tahun
Biaya tahun berjalan	: 62.000.000
Biaya keseluruhan	: 186.000.000

Mengetahui,
Dekan Fakultas Teknik

Khairul Amri, S.T., M.T
NIP. 197202121998021002

Bengkulu, November 2013

Ketua Peneliti,

Dr. Gusta Gunawan, M.T.
NIP. 19730318199802 1001

Mengetahui,
Ketua Lembaga Penelitian
Drs. Sarwit Sarwono, M.Hum.
NIP. 195811121986031002

RINGKASAN

Undang-undang dan peraturan yang terkait dengan pengelolaan lahan pada suatu DAS di Indonesia menghendaki adanya suatu pengelolaan DAS secara berkelanjutan yaitu pengalokasian lahan sesuai dengan peruntukannya dan daya dukungnya. Untuk mengoptimalkan lahan DAS sesuai dengan tuntutan Undang-undang dan peraturan yang berlaku dibutuhkan suatu model optimasi alokasi lahan DAS. Akan tetapi, pengembangan model optimasi dengan fungsi tujuan lebih dari satu tidak dapat dilakukan dengan program linier biasa, karena algoritma optimasi program linier hanya dirancang untuk menyelesaikan persoalan optimasi dengan satu fungsi tujuan tunggal yaitu maksimasi atau minimasi. Tuntutan *stakeholders* pada pengelolaan DAS semakin lama semakin meningkat sehingga perlu dikembangkan model alokasi lahan DAS dengan multi fungsi tujuan menjadi sangat penting untuk dilakukan. Maksud dari penelitian ini adalah mengembangkan algoritma optimasi untuk menentukan alokasi lahan DAS yang optimum ditinjau dari aspek produktivitas, debit, dan erosi yang memperhatikan *spatial issue*. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah : i). Menyusun algoritma GP (*Goal Programming*) dengan memanfaatkan GIS untuk mendapatkan berbagai variabel yang dibutuhkan; ii). Menyusun sub model debit, erosi, dan produktivitas berbasis GIS; dan iii). Menentukan Tata Guna Lahan yang optimal dengan *Goal Programming* dan memetakan hasil optimasi keluaran GP dengan GIS.

Penelitian ini dikembangkan dengan menggunakan *Goal Programming* atau dikenal dengan tujuan ganda. Variabel yang dibutuhkan adalah variabel keputusan (*Decision Variable*), fungsi kendala yang terdiri dari *goal constraint* (kendala tujuan) dan kendala fungsional, serta kendala non negative.

Variabel keputusan adalah Hutan (X₁), Perkebunan (X₂), Kebun Campuran (X₃), Ladang Tegalan (X₄), Sawah (X₅), Perkampungan (X₆), dan Semak belukar (X₇).

Fungsi Tujuan yang diangkat dalam penelitian ini meliputi 3 hal, yaitu:

1. Meminimalkan debit maksimum/ debit puncak DAS Manjuntio.
2. Miminimalkan erosi yang terjadi disekitar DAS Manjuntio.
3. Memaksimalkan produktivitas lahan perkebunan yang tersebar di DAS Manjuntio.

Kendala Non-Negatif (*Non-Negativity Constraint*) Masing-masing variabel dibatasi hanya dengan nilai positif, maka di dalam perumusan *goal programming* dituliskan sebagai berikut :

$$X1 > 0; X2 > 0; X3 > 0; X4 > 0; X5 > 0; X6 > 0; X7 > 0$$

Kendala struktural pada kasus DAS Manjuntio berasal dari peraturan Undang-Undang No. 41 tahun 1999 dan UU No. 26 tahun 2007 tentang luasan minimum untuk hutan, luas eksisting DAS Manjuntio dan batasan luas perkebunan dari hasil kesesuaian lahan S2.

Pengujian model tujuan ganda (*Goal Programming*) ini dilakukan di DAS Manjuntio Provinsi Bengkulu. Pengolahan data dilakukan dengan bantuan aplikasi Lingo versi 11.

Untuk pengembangan model optimasi dilakukan dengan 3 skenario.

Skenario 1 adalah kendala sasaran debit ≤ 27729408 , erosi dibatasi ≤ 46900 dan produktivitas diupayakan ≥ 990806017 .

Skenario 2 dilakukan dengan memodifikasi tanda dari erosi dimana erosi dilonggarkan. Pada skenario 2 nilai kendala sasaran debit $= 27729408$, erosi ≥ 46900 dan nilai produktivitas ≥ 990806017 .

Skenario 3 dilakukan dengan melonggarkan erosi sehingga tidak ada batasan untuk nilai sasarannya. Kendala debit dengan nilai ≤ 27729408 , erosi dengan ≥ 46900 , dan produktivitas ≥ 990806017 .

Setelah dirunning dengan LINGO maka diperoleh nilai dari deviasi negative dan positif sebagai berikut :

Dari skenario 1 diketahui bahwa nilai deviasi positif dari erosi sangat besar akibatnya alokasi lahan untuk ladang/tegalan dan perkampungan bernilai nol. Hal ini dikarenakan ladang dan perkampungan dianggap sebagai penyumbang erosi terbesar dan tidak memiliki nilai ekonomi sehingga nilai optimunnya lebih cenderung ke alokasi lahan yang lain.

Dari skenario 2 diketahui bahwa nilai dari deviasi negatif sangat besar, artinya target dari debit tidak tercapai (*under achievement*). Akibatnya alokasi lahan untuk hutan dan perkebunan bernilai nol.

Kondisi global optima bisa dicapai pada skenario 3 dengan alokasi lahan untuk Hutan seluas 23.850,98 ha, Perkebunan seluas 16.638,00 ha, Kebun Campuran seluas 8.592,10 ha, Ladang/Tegalan seluas 8.319,00 ha, Sawah seluas 12.478,50 ha, Perkampungan seluas 7.950,33 ha dan Semak Belukar seluas 1.674,35 ha.

Setelah algoritma optimasi alokasi lahan DAS disusun dan diujikan di DAS Manjuntou Provinsi Bengkulu dengan tiga kendala tujuan yaitu debit, erosi dan produktivitas maka dapat disimpulkan bahwa global optimum akan tercapai jika kendala debit ≤ 27729408 , erosi dengan ≤ 46900 , dan produktivitas ≥ 990806017 .

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Allah SWT, atas berkat rahmat dan hidayah dari Allah SWT, laporan akhir penelitian berjudul “Pengembangan Model Optimasi Tata Guna Lahan DAS Menggunakan *Goal Programming* Berbasis Sistem Informasi Geografis” dapat disusun dan diselesaikan pada tepat waktu.

Penelitian ini dapat terlaksana dengan baik karena didukung oleh kerjasama tim dan berbagai pihak yang terlibat, juga atas biaya yang didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan. Oleh karena itu pada kesempatan ini kami mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Bengkulu dan para staf yang telah memfasilitasi segala kebutuhan administrasi dan pendukung lainnya.
2. Dirjen Dikti atas dana hibahnya dalam pelaksanaan penelitian ini.
3. Kepala Dinas Pekerjaan Umum Provinsi Bengkulu yang telah membantu dalam penyediaan data yang terkait dengan obyek penelitian ini.
4. Kepala Balai Wilayah Sungai VII Provinsi Bengkulu yang banyak mendukung dalam memberikan data-data karakteristik DAS Manjuntio.
5. Kepala Kantor Dinas Kehutanan Provinsi Bengkulu yang telah memberikan data-data tentang hutan dan peraturan yang berkaitan dengan kehutanan kepada tim peneliti.
6. Kepala Bappeda Provinsi Bengkulu dan Kabupaten Mukomuko yang telah membantu dalam menyediakan data RTRW dan peta-peta.
7. Kepala LAPAN dan staf yang telah banyak membantu dalam menyediakan data-data citra satelit dan DEM SRTM.
8. Kepala BBS-SDL Bogor yang telah membantu dalam menyediakan data-data tentang tanah.
9. Tim peneliti, khususnya mahasiswa yang ikut membantu dalam penelitian ini yaitu Elvi Sri Agustin dan Yoki Saputra, dan tim surveyor atas kejelian dalam pengambilan data dan atau sampel penelitian,
10. Kepada siapapun, baik personal ataupun tim yang tidak dapat kami sebutkan satu persatu, yang telah membantu lancarnya penelitian ini.

Akhirnya kami berharap semoga hasil penelitian ini bermanfaat bagi kemajuan dunia riset Indonesia dan para pemangku kepentingan, Aamiin.

Tim Peneliti

DAFTAR ISI

	Hal
Ringkasan.....	iii
Prakata.....	vi
Daftar Isi.....	v
Daftar Tabel.....	vii
Daftar Gambar.....	viii
Daftar Lampiran.....	ix
Bab I Pendahuluan.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
Bab II Tinjauan Pustaka.....	3
2.1. Pengelolaan Daerah Aliran Sungai.....	3
2.2. Pemodelan Sistem DAS.....	4
2.2.1. Teknik Optimasi.....	5
2.2.2. <i>Goal Programming</i>	6
2.3. Model Alokasi Lahan DAS.....	8
Bab III Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	11
3.1. Tujuan Penelitian.....	11
3.2. Manfaat Penelitian.....	11
Bab IV Metode Penelitian.....	12
4.1. Bagan Alur Pengembangan Model.....	12
4.2. Model Optimasi.....	12
4.2.1. Persamaan-persamaan Kendala Tujuan.....	12
4.2.2. Persamaan-persamaan Kendala Fungsional.....	14
4.2.3. Perumusan Fungsi Tujuan..	14
Bab V Hasil dan Pembahasan.....	15
5.1. Sub Model Debit Puncak.....	15
5.1.1 Pola Distribusi Curah Hujan.....	16
5.1.2 Intensitas Curah Hujan.....	17
5.1.3 Curah Hujan Rencana.....	18
5.2. Sub Model Debit Andalan.....	19
5.2.1. Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga.....	20
5.2.2. Kebutuhan Air Perkotaan.....	21
5.2.3. Kebutuhan Air Industri.....	22
5.3. Sub Model Erosi.....	25
5.4. Sub Model Produktivitas.....	26
5.5. Model Tujuan Ganda (<i>Goal Programming</i>).....	26

5.5.1 Menentukan Variabel Keputusan (<i>Decision Variable</i>)..	26
5.5.2 Merumuskan Fungsi Tujuan.....	28
5.5.3 Merumuskan Kendala Tujuan.....	28
5.5.4 Merumuskan Kendala Non-Negatif (<i>Non-Negativity Constraint</i>).....	29
5.5.5 Merumuskan Kendala Struktural.....	29
5.6. Alokasi Lahan Hasil Optimasi.....	30
5.6.1. Skenario Pengujian 1.....	30
5.6.2. Skenario Pengujian 2.....	32
5.6.3. Skenario Pengujian 3.....	33
5.7. Pemetaan Luas Lahan Hasil Optimasi dan Existing.....	35
Bab VI Rencana Tahapan Berikutnya.....	37
Bab VII Kesimpulan dan Saran.....	39
7.1. Kesimpulan.....	39
7.2. Saran.....	39
Daftar Pustaka.....	41
Lampiran.....	45

DAFTAR TABEL

	Hal
Tabel 5.1	Curah Hujan Maksimum Harian Periode 1980-2006..... 15
Tabel 5.2	Parameter Statistik untuk Menentukan Jenis Distribusi..... 16
Tabel 5.3	Uji Chi Square Log Pearson Tipe III..... 17
Tabel 5.4	Parameter Statistik Distribusi Log Pearson Type III..... 18
Tabel 5.5	Hujan Rancangan dan Intensitas Hujan Kala Ulang Tertentu..... 18
Tabel 5.6	Debit Maksimum Perkala Ulang..... 19
Tabel 5.7	Prediksi Pertumbuhan Penduduk DAS Manjuntto..... 20
Tabel 5.8	Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga Berdasarkan Jumlah Penduduk..... 20
Tabel 5.9.	Estimasi Kebutuhan Air Bersih Rumah Tangga..... 21
Tabel 5.10	Kebutuhan Air Perkotaan DAS Manjuntto..... 22
Tabel 5.11	Kebutuhan Air Industri DAS Manjuntto..... 23
Tabel 5.12	Prediksi Konsumsi Air Bersih RKI DAS Manjuntto Tahun 2013-2038..... 24
Tabel 5.13	Prediksi Kebutuhan Air untuk RKI Hingga Tahun 2038..... 24
Tabel 5.14	Data Erosi..... 25
Tabel 5.15	Kendala Produktivitas..... 26
Tabel 5.16	Luas Variabel Keputusan di Lahan Eksisting..... 28
Tabel 5.17	Perbandingan Penggunaan Lahan <i>Existing</i> dengan Luas Hasil Optimasi Skenario 1..... 31
Tabel 5.18	Perbandingan Penggunaan Lahan <i>Existing</i> dengan Luas Hasil Optimasi Skenario 2..... 32
Tabel 5.19.	Perbandingan Penggunaan Lahan <i>Existing</i> dengan Luas Hasil Optimasi Skenario 3..... 34

DAFTAR GAMBAR

	Hal
Gambar 2.1 Ekosistem DAS sebagai Sistem Pengelolaan.....	3
Gambar 4.1 Flowcart Kontruksi Model.....	12
Gambar 4.2 Diagram Alir Pemetaan Alokasi Lahan Hasil Optimasi	14
Gambar 5.1 Perbandingan Luas Lahan <i>Existing</i> dengan Skenario 1.....	31
Gambar 5.2 Perbandingan Luas Lahan <i>Existing</i> dengan Skenario 2.....	32
Gambar 5.3 Perbandingan Luas Lahan <i>Existing</i> dengan Skenario 3.....	34
Gambar 5.4 Peta Luas Lahan <i>Existing</i>	35
Gambar 5.5 Peta Luas Lahan Hasil Optimasi.....	36
Gambar 6.1 Peta Jalan Penelitian Model Optimasi Pengelolaan DAS Berkelanjutan.....	37
Gambar 6.2 Diagram Tulang Ikan untuk Penelitian Model Optimasi Pengelolaan DAS Berkelanjutan.....	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Hal
Lampiran 1.1	Daftar Riwayat Hidup Ketua Peneliti 45
Lampiran 1.2	Daftar Riwayat Hidup Anggota Peneliti 1..... 48
Lampiran 1.3	Daftar Riwayat Hidup Anggota Peneliti 2..... 51
Lampiran 1.4	Daftar Riwayat Hidup Anggota Peneliti 3..... 55
Lampiran 1.5	Publikasi..... 58

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar belakang

Kebutuhan manusia terhadap lahan yang semakin meningkat dari waktu ke waktu, sementara luas dan daya dukung lahan terbatas merupakan faktor pendorong terjadinya alih fungsi lahan DAS (daerah aliran sungai) menjadi penggunaan lain (Ananda, 2003; Alansi, 2009). Pengambilan keputusan suatu alokasi lahan DAS pada umumnya lebih mengutamakan kepentingan ekonomi yaitu meningkatkan produktivitas, sehingga menimbulkan berbagai persoalan lingkungan seperti banjir dan erosi.

Undang-undang dan peraturan yang terkait dengan pengelolaan lahan pada suatu DAS di Indonesia menghendaki adanya suatu pengelolaan DAS secara berkelanjutan yaitu pengalokasian lahan sesuai dengan peruntukannya dan daya dukungnya. Artinya lahan bukan hanya diperuntukan untuk mengejar target produksi (ekonomi), akan tetapi juga memikirkan lingkungan seperti resiko banjir dan erosi. Sehingga tiga pilar pembangunan yang berkelanjutan yaitu ekonomi, sosial dan lingkungan bisa ditegakan.

Untuk mengoptimalkan lahan DAS sesuai dengan tuntutan Undang-undang dan peraturan yang berlaku dibutuhkan suatu model optimasi alokasi lahan DAS. Model ini bisa digunakan sebagai *tools* oleh para pengambil keputusan dalam menentukan kebijakan dan pemberian perizinan pada skala DAS. Dengan adanya model ini, alih fungsi lahan yang dilakukan menjadi lebih terarah sehingga dampak negatif dari pembangunan bisa diminimalkan atau ditiadakan sama sekali.

Akan tetapi, pengembangan model optimasi dengan tiga fungsi tujuan tidak dapat dilakukan dengan program linier biasa. Hal ini disebabkan karena algoritma optimasi program linier hanya dirancang untuk menyelesaikan persoalan optimasi dengan satu fungsi tujuan tunggal yaitu maksimasi atau minimasi. Untuk memenuhi tuntutan *stakeholders* pada pengelolaan DAS yang semakin lama semakin meningkat maka

penelitian tentang alokasi lahan DAS dengan tiga fungsi tujuan menjadi sangat penting untuk dilakukan.

1.2. Rumusan Masalah

Pada suatu ekosistem DAS, terdapat berbagai elemen yang saling berinteraksi dan interdependensi antar unsurnya (Brooks et al, 2003). Adanya hubungan korelasional yang positif antara sub sistem-sub sistem DAS mengakibatkan peningkatan produktivitas pertanian akan diikuti pula oleh peningkatan erosi dan debit. Masalah utama yang akan diselesaikan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan algoritma optimasi dengan menggunakan *goal programming* sehingga hasil optimum yang diperoleh dari model adalah produktivitas lahan pertanian tetap tinggi, namun tidak terjadi banjir dan erosi rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- 1999. Undang-Undang RI No 41 tahun 1999 tentang Kehutanan
- 2001. Keputusan Menteri Kehutanan Tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai di Indonesia
- 2001., Lampiran Surat Keputusan Menteri Kehutanan No. 52/kpts-II/2001 tentang Pedoman Penyelenggaraan Pengelolaan DAS
- 2004. Undang-Undang RI No.7 tahun 2004 tentang Sumber Daya Air.
- 2012. Statistik Kehutanan Indonesia tahun 2011, Kementerian Kehutanan, Jakarta. www.dephut.go.id.
- Alansi, AW,et al,. 2009. *The Effect of Development and Land Use Change on Rainfall-Runoff and Runoff-Sediment Relationships Under Humid Tropical Condition: Case Study of Bernam Watershed Malaysia*, European Journal of Scientific Research ISSN 1450-216X Vol.31 No.1 (2009), pp. 88-105.
- Ananda, J., Herath, G. 2003. *Soil erosion in developing countries: a socio-economic appraisal*. Journal of environmental Management, 68, pp. 343-353.
- Ande O. T, Alaga Y and Oluwatosin G. A. 2009. Soil erosion prediction using MMF model on highly dissected hilly terrain of Ekiti environs in southwestern Nigeria, International Journal of Physical Sciences Vol. 4 (2), pp. 053-057.
- Benli, B. And Kodal, S. 2003. *A non Linier Model for Farm Optimization with adequate and Limited Water Supplies: Aplication to The South-east Anatolian Project (GAP) Region*. Agric. Water Manage., 62:187-2003
- Benli, B.,Kodal, S., 2003. *Anon-linear model for farmoptimization with adequate and limited water supplies: application to the South-east Anatolian Project (GAP) Region*. Agric.Water Manage. 62, 187–203.
- Chamheidar, Hadi, dkk. 2011. *Soil Loss Minimization through Land Use Optimiziation*. World Applied Sciences Journal 12 (1) : 76-82.
- Chuvieco, Emilio. 2004. *Integration of Linear Programming and GIS for Land-use Modelling*, International Journal of Geographical Information Systems 7 (1): pp 71-83.
- Dantzig, G.B.,1963. *Linear Programming and Extensions.*, Princeton, N.J. : Princeton University Press.
- Dune, T., dan L.B. Leopold,.1978. *Water in Environment Planning*, W.H. Freeman and Company, Newyork.
- Evan, Elizabeth M, et al. 2003. *Achieving efficiency and equity in irrigation management: an optimization model of the El Angel watershed, Carchi, Ecuador*, Journal Agricultural Systems 77, pp 1-22

- FAO-Unesco (1990). FAO-Unesco Soil map of the World, revised legend. World soil resources report No: 60, FAO, Rome. 119p.
- Farahpour, H. van Keulen, M. A. Sharifi and M. Bassiri,.2008. *A planning support system for rangeland allocation in Iran with case study of Chadegan sub-region* The Rangeland Journal Volume 26 (Issue 2) pp 225-236
- Gabriel, Steven A, Faria, Jose A. Moglen, Glenn E. 2006. Multiobjective Optimization Approach to Smart Growth in Land Development, Socio-Economic Planning Sciences 40 (2006) 212–248
- Hazarika, M.K & Honda, H. 2001. *Estimation of Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS, Its Valuation & Economic Implications on Agricultural Productions*. The 10th International Soil Conservation Organization Meeting at Purdue University and the USDA-ARS Soil Erosion Research Laboratory.
- Hazarika.M.K dan Honda.K. 2001. *Estimation of Soil Erosion Using Remote Sensing and GIS, It's Valuation and Economic Implication on Agricultural Production*, 10th International Soil Conservation Organization Meeting, May 24-29 at Purdue University, pp 1090-1093.
- Heilman, P., Duan, Y., Miller, R., Guertin, D.P., 2003. *Calculating the cost of reducing erosion from a small rangeland watershed*. In: Proceedings First Interagency Conference on Research in the Watersheds, Benson, AZ, 27–30 October, pp. 398–404.
- Heilman, P., Y. Duan, R. Miler and D.P. Guertin,. 2003. *Calculating the Cost of Reducing Erosion from a Small Rangeland Watershed*. Proceedings 1 st Interagency Conference on Research in the Watersheds, Oct. 27-30, Benson, AZ., pp: 398-404.
- Ka'ban, H.M.S. 2009. Kerangka kerja Pengelolaan DAS di Indonesia, Departemen Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Ka'ban, MS,.2006. Arahan kebijakan pembangunan kehutanan dalam penanganan kawasan hutan dan lahan yang tidak Produktif, Seminar nasional : Arahan pembentukan unit manajemen, kelembagaan kawasan kelola, dan pengembangan sumber daya manusia dalam program GNRHL, Yogyakarta, 29-30 Agustus 2006.
- Karahalil, U. dkk,. 2009. *Integrating soil conservation, water production and timber production values in forest management planning using linear programming*, African Journal of Agricultural Research Vol. 4 (11), pp. 1241-1250.
- Kralisch, M. Fink, W.-A. Flugel, C. Beckstein. 2006. *A neural network approach for the optimisation of watershed Management* Environmental Modelling & Software 18 pp 815–823.
- Li Xiao, Yingyi Chen, Li Daolinga, .2009. *A Spatial Decision Support System for Land-use Structure Optimization* WSEAS TRANSACTIONS on COMPUTERS, Issue 3, Volume 8, March 2009

- Loi N. K. 2006. *Decision Support System(DSS) and GIS for Sustainable Watershed Management in Dong Nai Watershed*. International Symposium on Geoinformatics for Spatial Infrastructure Development in Earth and Allied Sciences 2006. Nong Lam University (NLU), Ho Chi Minh City, Vietnam.
- Luo, B. And J. You. 2007. *A Watershed Simulation and Hybrid Optimization Modeling Approach for Water Quality Trading in Soil Erosion Control*. Adv. Water Res., 30: 1902-1913
- Luo, B., You, J., 2007. *A watershed-simulation and hybrid optimization modeling approach for water-quality trading in soil erosion control*. Adv. Water Resour. 30 (9), 1902–1913.
- Mohaddes, S.A. M. Ghazali, K.A. Rahim, M. Nasir and A.V. Kamaid. 2008. *Fuzzy Environmental-Economic Model for Land Use Planning*, American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci., 3 (6): pp 850-854.
- Mohseni Saravi, J., M. Farzanegan, M. Koopae and M. Kholghi,. 2003. *The Determination of Optimal Land Use Pattern in Watershed Resources Using Goal Programming*. Iran. Natl. Res.J., 56:3-16
- Mohseni Saravi, M., Farzanegan, M., Koopae, M., Kholghi, M., 2003. *The determination of optimal land use pattern in watershed resources using goal programming*. Iranian Nat. Resour. J. 56 (1/2), 3–16 (in Farsi, with English Abstr.).
- Nguyem T, Egashira.K.2008. *Land Use Effectiveness by Farm Households after Land and Forest Allocation at Tran Yen District, Yen Bai Province*, J Fac Agric Kyushu Univ VOL.49;NO.2; pp 461-466
- Nikkami, D. M. Shabani, H. Ahmadi,.2009. *Land Use Scenario and Optimization in a Watershed*, Journal of Applied Sciences, 9 (2): pp 287-295
- Onal, H., Algozin, K.A., Isik, M., Hornbaker, R.H., 2008. *Economically efficient watershed management with environmental impact and income distribution goals*. Journal of environmental Management 53, pp 241–253.
- Pei, Jun Shi, et al.,2007. *The effect of land use/cover change on surface runoff in Shenzhen region, China*, www.science-direct.com. Catena, pp31–35.
- Randhir, T.O., O'Connor, O., Penner, P.R., Goodwin, D.W., 2001. *A watershed-based land prioritization model for water supply protection*. Forest Ecol. Manage. 143, 47–56.
- Rectala, J.R. Ive, I. A. Baird, N. Hamilton, J. Sanchez. *Land Use planning in the Valencian Mediterranean Region : Using LUPIS to Generate Issue Relevant Plans*, Journal of environmental Management 59, pp 169-184
- Rezayan and Najian, A.H,. 2008. *Land Use Allocation Optimization Using Advanced Geographic Information Analyzes*, World Applied Sciences Journal 3 (Supple 1): pp 136-142.

- Riedel, C., 2003. *Optimizing land use planning formountainous regions using LP and GIS towards sustainability*. J. Soil Conserv. 34 (1), 121–124.
- Riedel, C., 2003. *Optimizing Land Use Planning for Mountainous Regions Using LP and GIS Towards Sustainability*. Indian J. Soil Conserv., 34: 121-124
- Rossiter, D.G, A.R. van Wambeke, 1997. *Automated Land Evaluation System (ALES). Version 4.65 User's Manual*. Cornell University, Department of Soil, Crop & Atmospheric Science. SCAS Teaching Series No. T93-2 Revision 6. Ithaca, NY USA.
- Sadeghi, S.H.R., Jalili, Kh., Nikkami, D., 2005a. *Land use planning: a practical approach in soil erosion control*. In: Proceedings of International Conference on Human Impacts on Soil Quality Attributes, Isfahan, September 12–16, p. 5.
- Sadeghi, S.H.R., K. Jalili and D. Nikkami., 2008. Land Use Optimization in Watershed Scale. J. Land Use Policy. Pp 265-275
- Salim, Hang Tuah, Kusuma, M. Syahril Badri, Nazili. 2006. *Pemodelan Hubungan Hujan, Limpasan dan Kapasitas Erosi pada Suatu DAS yang Masuk ke Palung Sungai,P ROC*. ITB Sains & Tek. Vol. 38 A, No. 1, pp 51-72.
- Salman, A.Z., Al-Karablieh, E.K. , Fisher, F.M., 2001. *An inter-seasonal agricultural water allocation system (SAWAS) Agricultural Systems*, Volume 68, Issue 3, June 2001, pp 233-252.
- Shifa, MA, Jianhua HE, Feng LIU. 2010. *Land-Use Spatial Optimization Model Based on Particle SWARM Optimization, Agriculture Network Information*, (12), pp. 16-19.
- Singh, A.K., Singh, J.P., 1999. *Production and benefit maximization through optimal crop planning, a case study of Mahi Command*. Indian J. Soil Conserv. 27 (2), 152–157.
- Yeo, I.Y. and Guldmann, J.M. 2010. *Global Spatial Optimization with Hydrological Systems Simulation: application to land-use allocation and peak runoff minimization Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 325–338.